

تقدير انتاجية نباتات الكزبرة (*Coriandum sativum*) المعاملة مرحلياً بخميرة الخبز باستخدام الاستشعار عن بعد

ناصر طرّاف إبراهيم^{(1)(2)*} ومحمد عبد العزيز⁽³⁾ ويحيى محمد⁽³⁾

- (1) الهيئة العامة للاستشعار عن بعد، دمشق، سورية.
 (2) المركز العربي لدراسة المناطق الجافة والأراضي القاحلة (أكساد).
 (3) قسم المحاصيل الحقلية، كلية الزراعة، جامعة تشرين، اللاذقية، سورية.
 (*المرسلة: الدكتور ناصر طراف ابراهيم. البريد الالكتروني nibrahem345@gmail.com)

تاريخ القبول: 2020/08/17

تاريخ الاستلام: 2020/07/4

الملخص

يقوم هذا البحث على استخدام الاستشعار عن بعد من خلال الأجهزة السبكتروراديو مترية في دراسة البصمة الطيفية (ضمن المدى الموجي 350-2500 نانومتر عند كل 1 نانومتر) لنباتات الكزبرة النامية تحت ظروف معاملات بتراكيز مختلفة من خميرة الخبز (yeast) (0 , 2 , 4 , 6 %) وخلال ثلاث مواعيد رش (بعد 42، 56 و 71 يوم من الزراعة) موسم 2019 في منطقة الصفاصة بمحافظة طرطوس، ثم تقدير إنتاجيتها في أي مرحلة نمو وفق نماذج رياضية طيفية مستنبطة اعتماداً على قيم الانعكاس الطيفي المسجل أثناء مراحل النمو، بعد ذلك تم اختبار دقة النماذج الطيفية الناتجة في دقة تقدير الإنتاجية. أظهرت النتائج أن قيم الانعكاس الطيفي للنباتات المعاملة بتركيز 6% هي الأعلى في المدى الموجي تحت الأحمر القريب والبعيد (700-1300 نانومتر) وكذلك في المجال المرئي الأخضر (475-510 نانومتر)، بينما كان الانعكاس في المجال الأحمر (670) هو الأقل لها. ثم انخفضت قيم الانعكاس الطيفي للنباتات المعاملة بالتركيز الأقل على التوالي اعتباراً من تركيز 4 الى 2 % حتى وصلت للشاهد في المجالات تحت الأحمر القريب والبعيد ثم الأخضر المرئي، بينما ازداد الانعكاس في المجال الأحمر من الشاهد الى أعلى تركيز للرش (6%). إن زيادة عدد الرشات مرحلياً حافظ على منحى قيم الانعكاس الطيفي المسجلة ضمن كل تركيز لمدة أطول لكن مع انخفاض نسبة الانعكاس ضمن كل مجال طيفي بما يترافق مع تقدم عمر المحصول؛ أي أن زيادة عدد الرشات مرحلياً يؤثر على مدة إطالة حيوية انسجة النبات ورفع قيمة الإنتاجية الاقتصادية. تم استنباط واختبار نماذج رياضية طيفية مرحلية و/أو متعددة المراحل لتقدير الإنتاجية ، وقد تبين أن أفضل تلك النماذج هو النموذج الطيفي بقيم دليل الفرق الطيفي (NR) متعدد المراحل والمتوائقة مع 42، 56 و 71 يوم من الزراعة. أظهرت عملية النمذجة الرياضية الطيفية متعددة المراحل (عن تلك المرحلية والتراكمية) تأثير التغيرات الناتجة عن تداخل الظروف الزراعية

مع عوامل الطقس التي يتعرض لها النبات خلال مراحل النمو على الإنتاجية، مما يوحي باستخدام بيانات الاستشعار عن بعد الطيفية متعددة المراحل في نماذج التنبؤ بالإنتاجية. **الكلمات المفتاحية:** النمذجة الطيفية، دليل الفرق الطيفي، خميرة الخبز، الكزبرة، الإنتاجية.

المقدمة

لقد زاد الطلب العالمي والمحلي على ثمار الكزبرة لأهميتها الطبية والغذائية، وترافق ذلك الطلب مع الحاجة الى مضاعفة كمية الانتاج بأي من الأساليب وأهمها الرش النباتي بمنتجات عضوية، حيث يعد استخدام رش الخميرة بمثابة تغذية حيوية عضوية كونها تحتوي الكثير من العناصر الغذائية التي تمد النبات بجاجاته بشكل أسرع وأوفر مما ينعكس على النمو الأمثل والإنتاج الأفضل بتحسين الإنتاجية والنوعية من حيث الزيت العطري والمواد الفعالة فيه (Kurtzman and Fell, 2005 وعبد العزيز 2007). يُعتبر الاستشعار عن بعد -بتقنية السبيكتروراديو متر- من الطرق العلمية الحديثة في دراسة العلاقة الفسيولوجية بين الطيف الضوئي والتركيب الخليوي النباتي تحت الظروف البيئية التي ينمو فيها، وبذلك تستخدم هذه التقنية في دراسة ظروف النمو والإجهاد التي تتعرض لها المحاصيل على مساحات واسعة وكذلك التقليل من استخدام الطرق التقليدية المعتمدة على التحليل والزيارات الميدانية لحقول المحاصيل.

تؤثر خميرة الخبز رشاً على الأوراق في تحسن نمو النبات مما ينعكس على المواصفات الطيفية الانعكاسية والمورفولوجية والفيزيولوجية والإنتاجية للنبات. وجد (Mekki and Ahmed (2005 تحسن نمو، انتاجية ونوعية بذور فول الصويا عند الرش بخميرة الخبز، كما وجد (Sharaf Eldin *et al.*, (2008 أن استخدام خميرة الخبز الجافة على المليسة بمعدل 6غ/ل قد أعطى أفضل القيم في صفات النمو (ارتفاع النبات، عدد الأفرع، الوزن الغض والوزن الجاف وارتفاع نسبة الزيت العطري في الثمار) مقارنة مع الشاهد. وجد (El-lethy *et al.*, (2011 أن رش خميرة الخبز بتركيز 4000 ملغ/ل أدى الى زيادة محتوى الكلوروفيل مقارنة بالتركيزين 2000 و6000 ملغ/ل بينما أعطى التركيز 2000 ملغ/ل أعلى محتوى من الكاروتين في الأوراق، بالإضافة الى ارتفاع نسبة الزيت العطري ومؤشرات النمو المورفولوجية كافة عند التركيز 4000 ملغ/ل.

تم تسجيل البصمة الطيفية (Spectral signature) لنباتات الكمون كنبات طبي عطري مع عدد من المحاصيل الشتوية الرئيسية والاستراتيجية في سوريا موسم 2006-2007 خلال مراحل النمو ويتعاقب زمني حوالي 15 يوم بين القراءة والأخرى اعتباراً من الزراعة والنبات حتى الحصاد، (ابراهيم، 2008). أظهرت دراسة Lobos (2014) لاختبار 70 دليل طيفي على 368 سلالة وصنف من القمح؛ أن أفضل ارتباط لكمية الإنتاج بالأدلة الطيفية قد كان وفق معادلات الانحدار البسيط، كما أن الأدلة الطيفية في المجال تحت الأحمر القريب أفضل منها في المجال المرئي لبناء نماذج التنبؤ الطيفي للإنتاجية. طور (Ajayia *et al.*, (2016 نماذج طيفية لتوصيف 20 طراز وراثي للقمح الطري لصفة الإنتاجية تحت ظروف الأراضي المروية والجافة في المناطق شبه الجافة. فقد أظهرت النتائج أن النطاقات الطيفية في المجال المرئي (350 - 700 نانومتر) وتحت الأحمر القريب (700 - 1300 نانومتر) وتحت الأحمر المتوسط (1300 - 2500 نانومتر) كانت حساسة لتقدير الإنتاجية الحبية، وخاصة المجال تحت الأحمر المتوسط. تم تحديد البصمة الطيفية لمحاصيل القمح، الشعير والحمص ثم استنباط طرز النمو الطيفي (spectral growth type) واستخدامها في تحديد

ورسم خرائط النطاقات الجغرافية المكانية لتوزيع وانتشار طرز النمو لتلك المحاصيل طيفياً ضمن أربع نطاقات جغرافية لدقة نماذج تقدير الإنتاجية في محافظة السويداء (ابراهيم، 2016). لقد أعطت النماذج الطيفية التنبؤية متعددة المراحل/ومتعددة الأدلة الطيفية، المصممة سواء بالنمذجة الخطية و/أو اللاخطية متعددة الأبعاد وخاصة بالشبكات العصبونية دقة عالية في حساب الإنتاجية المحصولية الاقتصادية النهائية اعتباراً من مراحل النمو المبكرة أخذة بعين الاعتبار عوامل النمو والإجهادات المائية و/أو الغذائية (ابراهيم، 2018). هدفت دراسة Xie et al., (2020) إلى دراسة استجابة الانعكاس الطيفي للقمح، وكذلك الى تقدير الإنتاجية من مراحل النمو المبكرة. حيث أظهرت النتائج أن الذروة الخضراء والوادي الأحمر في الأطوال الموجية المرئية قد تغيرا بشكل واضح وأن الحافة الحمراء قد تحركت تدريجياً نحو أحزمة الموجة الزرقاء تحت ظروف تغيرات الطقس نحو البرودة. كما ان الانعكاس الطيفي تحسس تغيرات الغطاء الخضري للقمح فقد ارتبطت منطقة الحافة الحمراء ارتباطاً وثيقاً بحالة النمو والانتاج، حيث بلغ معامل التحديد لنموذج التنبؤ ($R^2 = 0.887$) وباستقرار قوي، حيث يؤكد ذلك أن المراقبة الطيفية الآتية فعالة في تقدير غلة القمح الشتوي.

يهدف هذا البحث الى دراسة البصمة الطيفية (ضمن المدى الموجي 350-2500 نانومتر عند كل 1 نانومتر) لنباتات الكزبرة النامية تحت ظروف معاملات بتراكيز مختلفة من خميرة الخبز مقارنة مع الشاهد، ثم تقدير إنتاجيتها في أي مرحلة نمو وفق نماذج رياضية طيفية مستنبطة اعتماداً على قيم الانعكاس الطيفي المسجل أثناء مراحل النمو مع اختبار دقة تلك النماذج الطيفية المتعددة لتحديد أعلى دقة في تقدير الإنتاجية.

مواد البحث وطرقه

1. مواد البحث

- الموقع: حقل زراعي في منطقة الصفاصفاة، محافظة طرطوس، بالإحداثيات الجغرافية التالية:
(36° 01' 30" E , 34° 42' 30" N)
- المادة النباتية: الكزبرة صنف المحلي *Coriandum sativum* L
- العمليات الزراعية: تمت الزراعة بتاريخ 2019/2/10 في خطوط، المسافة بين الخط والآخر 25 سم والمسافة بين الجورة والآخرى 20 سم، بمعدل 5 بذور في الجورة بعمق 2 سم، وعند وصول البادرات إلى طول 8 - 10 سم تم إجراء عملية التقريد. حيث نفذت عمليات الخدمة من عزيق، ري، مكافحة وفق التوصيات المتعلقة بالمحصول (عبد العزيز، 2007)، كما يبين الجدول (1) نتائج تحليل التربة في موقع الدراسة، والتي تتميز بلون بني غامق وخصوبة جيدة وصفات فيزيائية ملائمة لزراعة جميع المحاصيل الزراعية.

الجدول 1، نتائج تحليل تربة موقع الدراسة

PH	EC	كربونات الكالسيوم	كلس فعال	المادة العضوية	K	P	N	التحليل الكيميائي
7.10	0.7 مايكروموز / سم	0.45%	اثار	1.68%	171.36%	22.64%	0.095%	
	طين %	سلت %		رمل %				التحليل الميكانيكي
	44	26		30				

- المعاملات: رش خميرة الخبز المحضرة بأربعة تراكيز (0 , 2 , 4 , 6) % ضمن ثلاث مواعيد:

- أ- الرشة الأولى بعد 42 يوم من الزراعة
- ب- الرشة الثانية بعد 56 يوم من الزراعة
- ج- الرشة الثالثة بعد 71 يوم من الزراعة
- البيانات المسجلة:

البيانات الطيفية: تم تسجيل البيانات الطيفية ضمن المدى الموجي 350-2500 نانومتر بعد كل رشة باستخدام جهاز قياس الطيف الحقل سبيكتروراديو متر FieldSpec®Pro ثم حساب دليل الفرق الطيفي (NR) الذي يحسب بالفرق بين قيم الانعكاس في المجال تحت الأحمر القريب (NIR) والأحمر (R) وفق المعادلة التالية (2014, Lobos):

$$NR = NIR - R$$

البيانات المحصولية: تم تسجيل الإنتاجية الاقتصادية في وحدة المساحة لأربع نباتات.

- التصميم التجريبي الإحصائي: قطاعات كاملة العشوائية بثلاث مكررات.

أبعاد القطعة: طول 3 م وعرض 2 م بمساحة 6 م².

2. طرائق البحث

يبين الشكل (1) المخطط النهجي لتسجيل وتحليل ومعالجة البيانات الطيفية والإنتاجية وصولاً للنتائج في تحديد أفضل النماذج الطيفية في تقدير الإنتاجية ومعرفة تأثير المعاملات في البصمة الطيفية والإنتاجية. حيث يتم تسجيل البصمة الطيفية خلال مراحل النمو ثم اشتقاق دليل الفرق الطيفي منها ليتم ربطه بقيم الإنتاجية وفق نماذج مستنبطة: مرحلية، تراكمية ومتعددة ثم اختبار أفضل تلك النماذج في تقدير الإنتاجية.

تعتبر النماذج الرياضية الطيفية من أدق وأسرع الطرق العلمية الحديثة في تقدير الإنتاجية المحصولية، سواء بالتمذجة الخطية و/أو اللاخطية و/أو بطرق أخرى كالشبكات العصبونية و/أو الذكاء الصناعي و/أو ... وفق قيم الانعكاس الطيفي أثناء مرحلة نمو محددة و/أو مراحل نمو متعددة، (ابراهيم، 2018).



الشكل (1) المخطط النهجي لتسجيل وتحليل ومعالجة البيانات الطيفية والإنتاجية

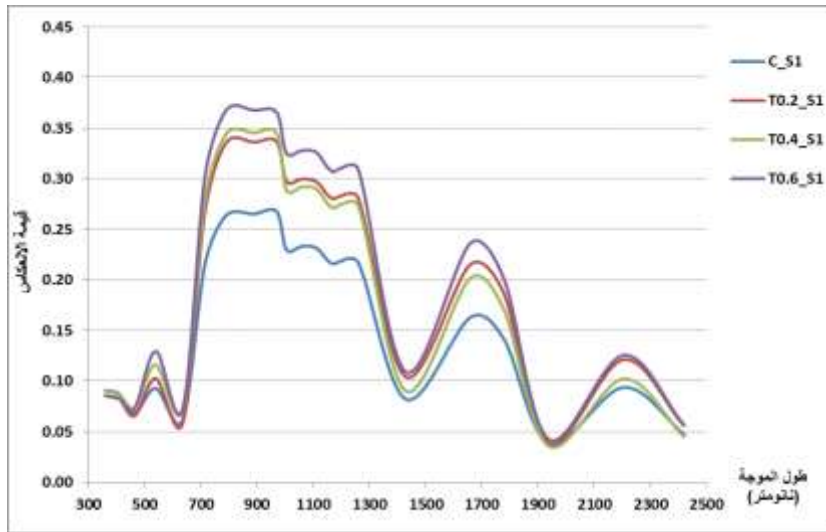
النتائج والمناقشة

1- البصمة الطيفية للكربرة خلال مراحل النمو

تمثل البصمة الطيفية قيم الانعكاس الطيفي للنباتات ضمن المدى الموجي 350-2500 نانومتر عند كل واحد نانومتر لتمثل 2150 قيمة طيفية تعكس حالة النبات بشكل كامل وفيما يلي: مخططات البصمة الطيفية لنباتات الكزبرة تحت تأثير المعاملات المدروسة وخلال مراحل نمو مختلفة.

1-1 البصمة الطيفية بعد الرشوة الأولى

يبين الشكل (2) البصمة الطيفية لنباتات الكزبرة بعد الرشوة الأولى (S1 بعمر 42 يوم) لجميع تراكيز المعاملات (T) مع الشاهد (C)، حيث أوضح الشكل أن قيم الانعكاس الطيفي للنباتات المعاملة بتركيز 6% هي الأعلى في مدى الموجة تحت الأحمر القريب والبعيد (700-1300 نانومتر) وكذلك في المجال المرئي الأخضر (475-510 نانومتر) وكذلك (2100-2300 نانومتر)، بينما يكون الانعكاس في المجال الأحمر (670) هو الأقل في المجال المرئي. كما يوضح الشكل (2) أن قيم الانعكاس الطيفي للنباتات المعاملة بالتركيز الأقل كانت قيم انعكاسها تنخفض على التوالي اعتباراً من تركيز 4 إلى 2 % حتى تصل الشاهد، خاصة في المجالات تحت الأحمر القريب والبعيد ثم الأخضر المرئي بينما يكون الانعكاس في المجال الأحمر يتزايد من الشاهد إلى أعلى تركيز للرش (6%).



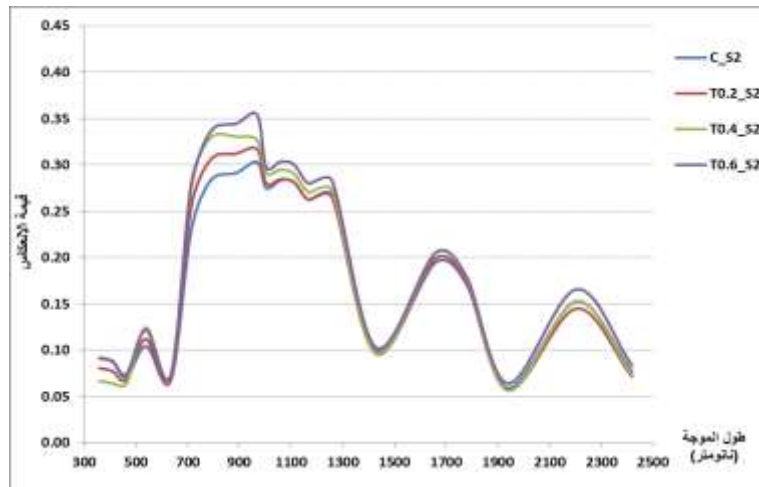
الشكل (2) البصمة الطيفية لنباتات الكزبرة بعد الرشوة الأولى (بعمر 42 يوم) عند جميع تراكيز المعاملات مع الشاهد.

تحدد العلاقة المباشرة الطردية لقيم الانعكاس الطيفي في المجال تحت الأحمر القريب والبعيد عن النباتات الخضراء الارتباط المباشر مع المحتوى المائي في الخلايا النباتية والكتلة الحية وكذلك التركيب الخليوي فكلما كان النبات ذو محتوى مائي عالي وحيوية عالية كانت قيم الانعكاس في تلك المجالات مرتفعة، وهذا ما توافق مع Li (2001) بأن العلاقة طردية في هذا المجال تحت الأحمر مع الكتلة الحيوية الرطبة للنبات، وكما أشار Jensen (2007) بأن طبيعة النسيج الاسفنجي للأوراق هي المسؤولة عن انعكاس الأشعة في المجال تحت الأحمر القريب بنسبة 40-70%، كذلك أشار كل من Tian *et al.*, (2001)، Thenkabail *et al.*, (2004) و Graeff and Claupein, (2007) في علاقته بالمحتوى المائي. وكذلك العلاقة المباشرة الطردية لقيم الانعكاس في المجال الأخضر المرئي مع كمية اليخضور في

النبات والذي يظهر جلياً في النباتات الخضراء عن غيرها، بينما تتخفف قيم الانعكاس الطيفي عند النباتات في المجال الأحمر كلما كان النبات ذو حيوية عالية وفعالية في عملية التمثيل الضوئي ويعود ذلك الى العلاقة العكسية بين كمية الكلوروفيل في النبات وقيم الانعكاس الطيفي في المجال الأحمر حيث يتم استخدام هذا المجال بفعالية عالية في عملية التمثيل الضوئي وبالتالي تتخفف نسبة الأشعة المنعكسة منه عن النبات، وهذا ما توافق مع (Fridgen *et al.*, 2004) و (Jensen, 2007) و (Steele *et al.*, 2008). وبالتالي نستنتج ان المعاملات بتراكيز مختلفة قد اثرت على قيم الانعكاس الطيفي بشكل طردي يتوازى مع تفاعلات طاقة الطيف بعملية التمثيل الضوئي والعمليات الحيوية المرافقة للمحتوى المائي والتركيبي الخليوي، حيث تزايدت قيم الانعكاس ضمن المجال تحت الأحمر القريب والبعيد مع انخفاضها في المجال الأحمر وذلك بتزايد تركيز الرش حتى مستوى 6% مما يعني حصول الأثر الإيجابي للرش بالخميرة على نمو النباتات وبالتالي الإنتاجية البيولوجية والاقتصادية.

1-2- البصمة الطيفية بعد الرش الثانية

يبين الشكل (3) البصمة الطيفية لنباتات الكزبرة بعد الرش الثانية (بعمر 56 يوم) لجميع تراكيز المعاملات مع الشاهد، حيث أوضح الشكل تماثل البصمة الطيفية لجميع المعاملات في هذه المرحلة مع تلك المسجلة في المرحلة السابقة (بعد الرش الأولى) لكن باختلاف نسبة الانعكاس المسجلة خلال هذه المرحلة من النمو حيث انخفضت قيم الانعكاس في المجال الطيفي تحت الأحمر القريب الى 35% عن النباتات المعاملة بتركيز 6% بينما كان بنسبة انعكاس تصل الى 38% في المرحلة السابقة عند نفس تركيز الرش. وقد تماثلت نسب الانعكاس بالانخفاض عن بقية تراكيز الرش.

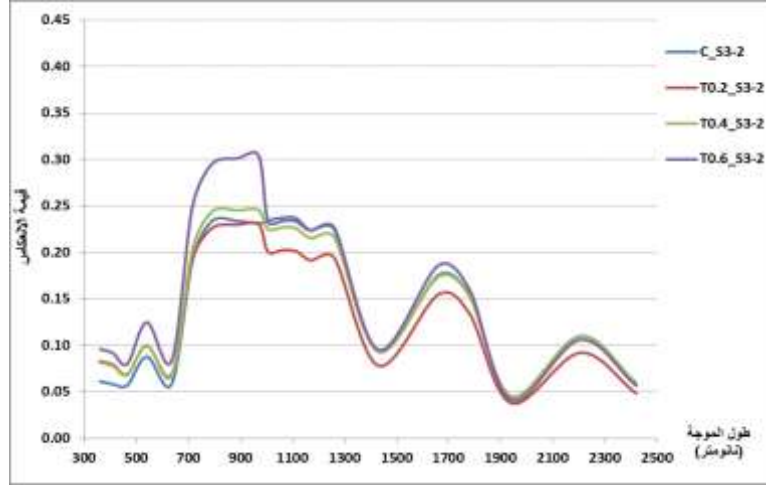


الشكل (3) البصمة الطيفية لنباتات الكزبرة بعد الرش الثانية (بعمر 56 يوم) لجميع تراكيز المعاملات مع الشاهد

1-3- البصمة الطيفية بعد الرش الثالثة

يبين الشكل (4) البصمة الطيفية لنباتات الكزبرة بعد الرش الثالثة (بعمر 71 يوم) لجميع تراكيز المعاملات مع الشاهد، حيث أوضح الشكل تماثل البصمة الطيفية لجميع المعاملات في هذه المرحلة مع تلك المسجلة في المرحلتين السابقتين (بعد الرش الأولى والثانية) (المحافظة على منحى الاتجاه بين المعاملات) لكن باختلاف نسبة الانعكاس المسجلة خلال هذه المرحلة بتقدم مراحل النمو نحو النضج، فقد انخفضت قيم الانعكاس في المجال الطيفي تحت الأحمر القريب من 38% الى 35% حتى 30% في هذه المرحلة عنه بعد الرش الأولى

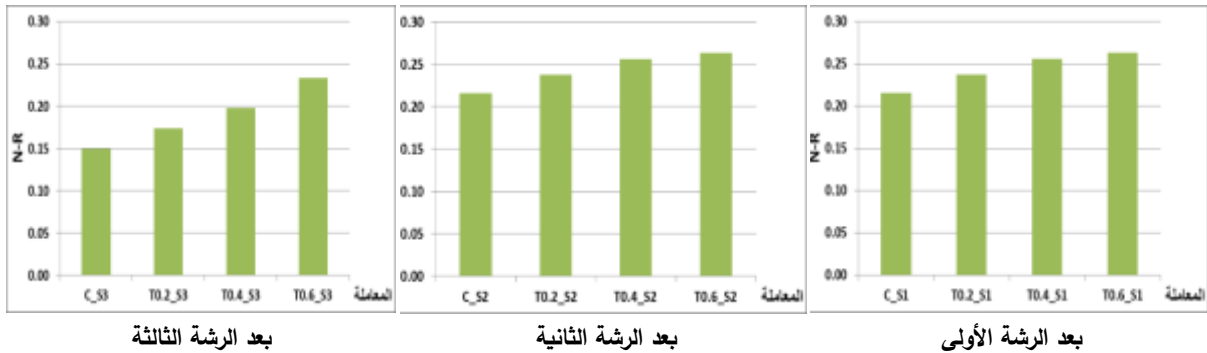
والثانية الى الثالثة على التوالي. كما لوحظ انخفاض قيم الانعكاس عن المعاملات بالتراكيز الأخرى بشكل اقل عنه في المعاملة بالتراكيز 6% مما يعطي مدلول واضح على تأثير معدلات الرش على مدة إطالة حيوية انسجة النبات مقارنة مع الشاهد والتراكيز الأخرى.



الشكل (4) البصمة الطيفية لنباتات الكزبرة بعد الرشة الثالثة (بعمر 71 يوم) لجميع تراكيز المعاملات مع الشاهد

2- دليل الفرق الطيفي (NR)

تم استخدام دليل الفرق الطيفي (NR) لدراسة تأثير المعاملات من الناحية الطيفية، نظراً للأهمية الكبيرة لمقدار الفرق في الانعكاس بين المجالين تحت الأحمر القريب وتحت الأحمر المرئي، إذ توجد علاقة طردية بين هذا الدليل وحيوية النسيج النباتية وكفاءة التمثيل الضوئي خلال جميع مراحل النمو وبالتالي الإنتاجية البيولوجية والاقتصادية. يبين الشكل (5) ارتفاع قيمة دليل الفرق الطيفي كلما زاد تركيز معاملات الرش خلال مواعيد الرش الثلاثة مما يعكس التأثير الإيجابي لتراكيز الرش خلال مراحل النمو على كفاءة التمثيل الضوئي والإنتاجية النباتية.



3- النماذج الطيفية لتقدير الإنتاجية

تم عرض النماذج الطيفية لتقدير الإنتاجية البيولوجية لنباتات الكزبرة وفق قيم الانعكاس الطيفي أثناء كل مرحلة نمو بشكل منفرد ثم خلال مراحل قياس النمو أجمع بشكل تراكمي ثم بشكل متتابع متعدد، بالنماذج الخطية أو اللاخطية.

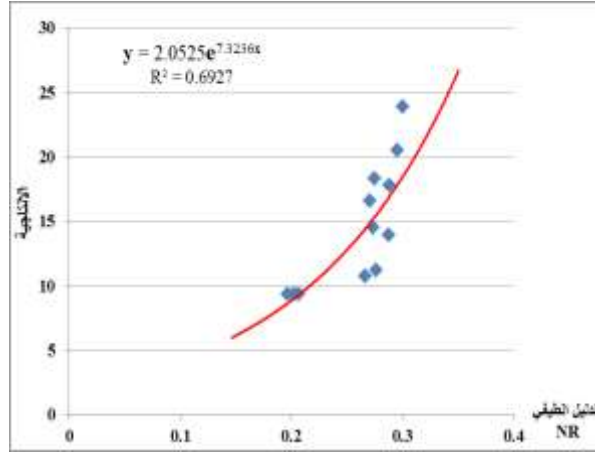
1-3 النماذج الطيفية المرحلية لتقدير الإنتاجية

تبين الأشكال (6, 7 و 8) المخططات البيانية لنماذج تقدير انتاجية نباتات الكزبرة بدلالة الدليل الطيفي النباتي (NR) في كل مرحلة تسجيل بيانات طيفية مترافقة بعد كل عملية رش بفترة زمنية (4-5 أيام) ولجميع المعاملات المدروسة. حيث

يتضح من الشكل (6) أن النموذج الرياضي بصيغة أسية لقيم الدليل الطيفي (NR) بعد الرشوة الأولى (42 يوم) في تقدير الإنتاجية (Y)، حسب المعادلة التالية:

$$Y = 2.0525e^{7.3236NR}$$

وبدرجة وثوقه لهذا النموذج تفوق 69% اعتمادا على تلك القيم الطيفية في تلك المرحلة (قيمة معامل التحديد 0.6927).

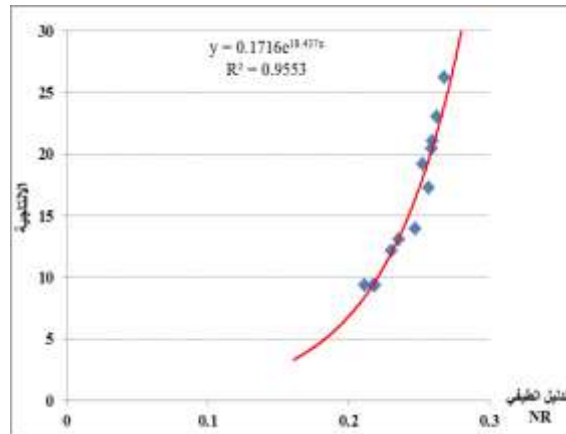


الشكل (6) النموذج الطيفي لتقدير إنتاجية الكزبرة (غ/نبات) باستخدام دليل الفرق الطيفي (NR) بعد الرشوات الأولى.

كما يتضح من الشكل (7) أن النموذج الرياضي بصيغة أسية لقيم الدليل الطيفي (NR) بعد الرشوة الثانية (56 يوم) في تقدير الإنتاجية (Y)، حسب المعادلة التالية:

$$Y = 0.1716e^{18.437 NR}$$

وبدرجة وثوقه لهذا النموذج تفوق 95% اعتمادا على تلك القيم الطيفية في تلك المرحلة (قيمة معامل التحديد 0.9553).

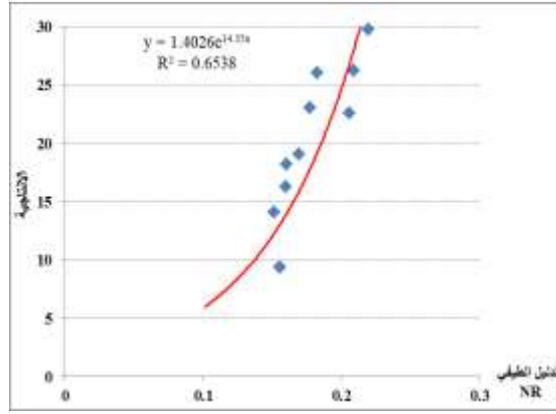


الشكل (7) النموذج الطيفي لتقدير إنتاجية الكزبرة (غ/نبات) باستخدام دليل الفرق الطيفي (NR) بعد الرشوات الثانية.

كما يتضح من الشكل (8) أن النموذج الرياضي بصيغة أسية لقيم الدليل الطيفي (NR) بعد الرشوة الثالثة (71 يوم) في تقدير الإنتاجية (Y)، حسب المعادلة التالية:

$$Y = 1.4026e^{14.35NR}$$

وبدرجة وثوقه لهذا النموذج تفوق 65% اعتمادا على تلك القيم الطيفية في تلك المرحلة (قيمة معامل التحديد 0.6538).



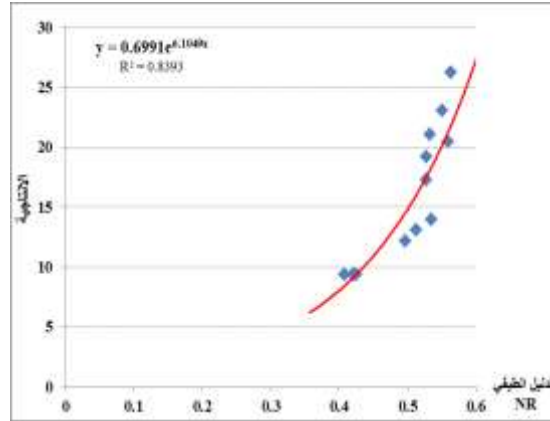
الشكل (8) النموذج الطيفي لتقدير انتاجية الكزبرة (غ/نبات) باستخدام دليل الفرق الطيفي (NR) بعد الرش الثالث. يُلاحظ عند مقارنة قيم الوثوقية لنماذج تقدير الإنتاجية بناء على القيم الطيفية في كل مرحلة رش على حدة؛ وجود اختلاف في درجة الاعتماد حسب كل مرحلة رشة من 69 الى 95 ثم 65% بعد الرش الأولى والثانية والثالثة على التوالي. حيث يُعزى ذلك الى عملية التقدير اللحظي وتغير معدلات النمو مع الزمن خلال مراحل النمو، إذ يتفق ذلك مع ما أشار إليه ابراهيم (2018).

3-2- النموذج الطيفي المرحلي التراكمي لتقدير الإنتاجية

إن عملية تقدير الإنتاجية وفق مفهوم النموذج الذي يأخذ في مدخلاته القيم الطيفية التراكمية خلال مراحل النمو والقياس وليس القيم الطيفية اللحظية المسجلة عند كل قياس (بعد كل عملية رش) سيعمل على تقليل الخطأ اللحظي الناتج عن تغيرات الطقس اللحظية والمتغيرات الزراعية المؤثرة على عملية النمو وبالتالي الإنتاجية. تم في عملية بناء النموذج الحالي إضافة القيم الطيفية المسجلة في كل مرحلة الى المرحلة السابقة لها بشكل تراكمي مقابل الإنتاجية المسجلة في حينها، وقد تم عرض المخططات البيانية للمرحلة الأولى في الشكل (6) (كما ورد في الفقرة 3-1) والتراكمي للمرحلتين الأولى والثانية معاً في الشكل (9) ثم للمراحل الثلاث معاً في الشكل (10). يبين الشكل (9) أن النموذج الرياضي التراكمي المرحلي بعد المرحلتين الأولى والثانية يكون بصيغة أسية لقيم الدليل الطيفي (NR) خلال الرش الأولى والثانية في تقدير الإنتاجية (Y)، حسب المعادلة التالية:

$$Y = 0.6991e^{6.1049NR}$$

وبدرجة وثوقية لهذا النموذج تُقارب 84% اعتماداً على القيم الطيفية في تلك المراحل (قيمة معامل التحديد 0.8393)

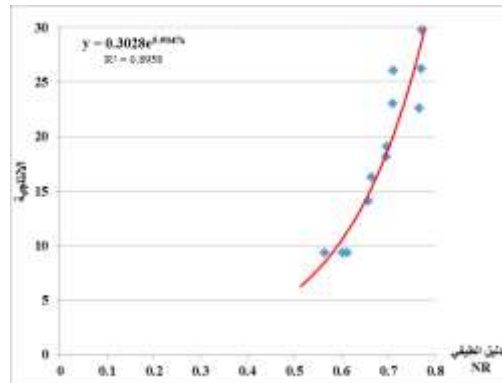


الشكل (9) النموذج الطيفي المرحلي التراكمي لتقدير انتاجية الكزبرة باستخدام دليل الفرق الطيفي (NR) بعد الرشاش الأولى والثانية بالخميرة.

بينما يبين الشكل (10) أن النموذج الرياضي التراكمي المرحلي أثناء المراحل الثلاث يكون بصيغة أسية لقيم الدليل الطيفي (NR) خلال الرشاش الأولى والثانية والثالثة معاً في تقدير الإنتاجية (Y)، حسب المعادلة التالية:

$$Y = 0.3028e^{5.9047NR}$$

وبدرجة وثوقية لهذا النموذج تقارب 90% اعتماداً على القيم الطيفية في تلك المراحل (قيمة معامل التحديد 0.8958).



الشكل (10) النموذج الطيفي المرحلي التراكمي لتقدير انتاجية الكزبرة باستخدام دليل الفرق الطيفي (NR) بعد الرشاش الأولى والثانية والثالثة.

إن استخدام الأسلوب التراكمي المرحلي لبيانات القيم الطيفية في عملية النمذجة الرياضية - مع المحافظة على صورتها اللاخطية-؛ قد رفع درجة الوثوقية في تقدير الإنتاجية من 69 إلى 84 حتى 90% عند القياس الطيفي عن النباتات بمراحلها الثلاث ولجميع المعاملات المدروسة. حيث يُفسّر ذلك إلى إدخال بيانات المراحل الثلاث بعملية النمذجة لكن بأسلوب تراكمي (أي المحافظة على النمذجة أحادية البعد بصورتها اللاخطية) لتأخذ ضمناً تغير معدلات النمو مع الزمن خلال مراحل النمو، وهذا ما اتفق مع ما أشار إليه أيضاً ابراهيم (2018).

3-3- النموذج الطيفي متعدد المراحل لتقدير الإنتاجية

رغم أن النموذج الطيفي المرحلي التراكمي قد أخذ بالحسبان القيم الطيفية المرحلية اللحظية لكن بصورة تراكمية، أي بنموذج أحادي البعد، مما يقلل معه درجة حساسية النموذج في متابعة التغيرات التي يتعرض لها النبات خلال مراحل النمو عند تقدير الإنتاجية والتي تعتبر كمحصلة نهائية لسيرورة عمليات النمو والنتيجة عن تداخل عوامل الطقس مع

الظروف الزراعية - خاصة إذا ما أضفنا لها تأثيرا المعاملات المدروسة خلال مراحل النمو المحددة - والتي تحاكي الى حد كبير النمو الحقلي .

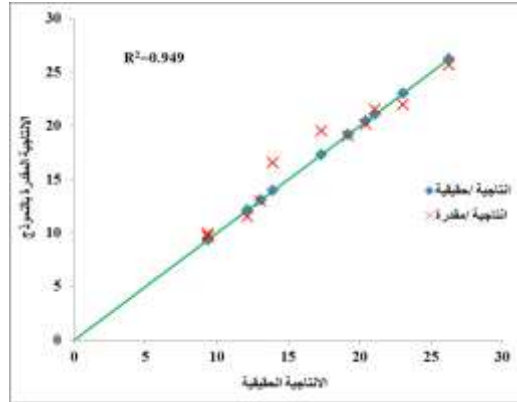
بالتالي فإن عملية تحويل النمذجة الرياضية المرحلية (اللحظية) الى متعددة المراحل من الصورة اللاخطية (في حينها) الى خطية سيُظهر تأثير تلك التغيرات على الإنتاجية بشكل أدق؛ وعندئذ تأخذ البرمجة الرياضية الدور الأساس في دقة نماذج التقدير والتنبؤ وخاصة بعد تحديد الفعل الحقيقي اللحظي بتغيرات الزمن لمدخلات النماذج.

تم في عملية بناء النموذج المتعدد المراحل إدخال القيم الطيفية المسجلة في كل مرحلة على حدة مقابل الإنتاجية المسجلة في حينها، وقد تم عرض المخططات البيانية لدقة الإنتاجية المقدره مقابل الحقيقية وفق المرحلتين الأولى والثانية في الشكل (11) ثم المراحل الثلاث في الشكل (12).

حيث تم تقدير الإنتاجية (Y) بناء على القيم الطيفية اللحظية في المرحلتين الأولى (NR_S1) والثانية (NR_S2) -أي بعد الرشاة الأولى والثانية- وفق النموذج الخطي التالي:

$$Y = -58.8 - 46.1NR_S1 + 358.1NR_S2$$

وبدرجة اعتماد لقيم الإنتاجية المقدره مقابل الحقيقية قد بلغت 94.9% (معامل التحديد 0.949)

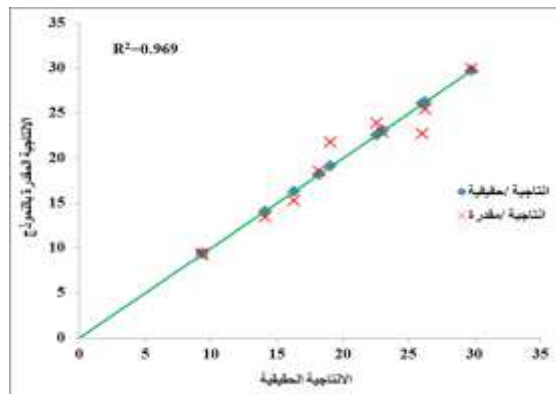


الشكل (11) دقة النماذج الطيفية الخطية ثنائية المرحلة في تقدير الإنتاجية

تم تقدير الإنتاجية (Y) بناء على القيم الطيفية اللحظية في المراحل الثلاث: الأولى (NR_S1) والثانية (NR_S2) والثالثة (2NR_S3) -أي بعد الرشاة الأولى والثانية والثالثة- وفق النموذج الخطي التالي:

$$Y = -63.48 + 2NR_S1 + 304.6NR_S2 + 38.2NR_S3$$

وبدرجة اعتماد لقيم الإنتاجية المقدره مقابل الحقيقية قد بلغت 96.9% (معامل التحديد 0.969)



الشكل (12) دقة النماذج الطيفية الخطية ثلاثية المراحل في تقدير الإنتاجية

الاستنتاجات والتوصيات

تكون القيم الانعكاسية الطيفية للنباتات المعاملة بتركيز 6% هي الأعلى في المدى الموجي تحت الأحمر القريب والبعيد (700-1300 نانومتر) وكذلك في المجال المرئي الأخضر (475-510 نانومتر)، بينما يكون الانعكاس في المجال الأحمر (670) هو الأقل لها. ثم تنخفض قيم الانعكاس الطيفي للنباتات المعاملة بالتركيز الأقل على التوالي اعتباراً من تركيز 4 إلى 2% حتى تصل الشاهد، خاصة في المجالات تحت الأحمر القريب والبعيد ثم الأخضر المرئي بينما يتزايد الانعكاس في المجال الأحمر من الشاهد إلى أعلى تركيز للرش (6%). ترتفع قيمة دليل الفرق الطيفي (NR) كلما زاد تركيز معاملات الرش وخلال مواعيد الرش الثلاثة، مما يعكس التأثير الإيجابي لتركيز الرش خلال مراحل النمو على كفاءة التمثيل الضوئي وإنتاجية الكتلة الحية النباتية. مما يعني حصول أثر إيجابي للرش بالخميرة بتركيز مختلفة على نمو نباتات الكزبرة وفق ما سجلته قيم الانعكاس الطيفي (البصمة الطيفية) ضمن العلاقة الإيجابية لتفاعلات طاقة الطيف بعملية التمثيل الضوئي والعمليات الحيوية المرافقة للمحتوى المائي والتركيب الخليوي وفق كل مجال طيفي.

تماثلت البصمة الطيفية لنباتات الكزبرة لجميع تراكيز المعاملات بعد الرش الثالثة (بعمر 71 يوم) مع تلك المسجلة في المرحلتين السابقتين (بعد الرش الأولى -42 يوم- والرش الثانية -56 يوم-) لكن باختلاف نسبة الانعكاس المسجلة خلال هذه المرحلة بتقدم مراحل النمو نحو النضج؛ فقد انخفضت قيم الانعكاس في المجال الطيفي تحت الأحمر القريب من 38% إلى 35% حتى 30% بعد الرش الأولى والثانية إلى الثالثة، على التوالي، مع ارتفاعها قليلاً في المجال الطيفي الأحمر خلال تلك المراحل. مما يبين تأثير زيادة عدد الرشيات مرحلياً على مدة إطالة حيوية انسجة النبات مقارنة مع الشاهد والتركيز الأخرى. وبالتالي فإن زيادة عدد الرشيات مرحلياً يحافظ على منحى قيم الانعكاس الطيفي المسجلة ضمن كل تركيز لمدة أطول لكن مع انخفاض نسبة الانعكاس ضمن كل مجال طيفي بما يترافق مع تقدم عمر المحصول؛ وهذا ما يوضح تأثير زيادة عدد الرشيات مرحلياً على مدة إطالة حيوية انسجة النبات وبالتالي على الإنتاجية الاقتصادية. أظهرت عملية النمذجة الرياضية الطيفية متعددة المراحل تأثير التغيرات الناتجة عن تداخل عوامل الطقس مع الظروف الزراعية والنمو التي يتعرض لها النبات خلال مراحل النمو على الإنتاجية بشكل أدق عن النماذج المرحلية اللحظية و/أو التراكمية؛ وعندئذ تأخذ النمذجة الرياضية الدور الأساس في دقة نماذج التقدير والتنبؤ وخاصة بعد تحديد الوزن اللحظي بتغيرات الزمن لمدخلات النماذج.

وبالتالي يوصى بما يلي:

- استخدام الرش بخميرة الخبز لزيادة إنتاجية الكزبرة في وحدة المساحة، وذلك ضمن إطار تطبيق العمليات النوعية العضوية التي تزيد الإنتاجية المحصولية.
- استخدام الاستشعار عن بعد، وذلك ضمن إطار تطبيق العلوم الحديثة التي تعيد في الفهم الصحيح للسلوك الفسيولوجي في عملية زيادة الإنتاج (الصورة التفصيلية المبسطة) والإدارة المثلى لتطبيق تلك الأفكار المتطورة في زيادة الإنتاجية (الصورة الكلية المركبة)، حيث يُجلبها الاستشعار عن بعد بتقنياته المختلفة ضمن صورة شاملة تشمل كل من الصورتين التفصيلية والكلية معاً.

المراجع

- ابراهيم, ناصر (2008). الانعكاسات الطيفية للمحاصيل الشتوية والفصل الطيفي فيما بينها موسم 2006_2007. تقرير علمي. وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي بالتعاون مع الهيئة العامة للاستشعار عن بعد، دمشق، سوريا. 134 صفحة.
- ابراهيم, ناصر (2015). تقدير إنتاجية حقول القطن من مرحلة نمو مبكرة باستخدام الصور الفضائية في منطقة اختبارية – قرية الكالطة. مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية، 31 (1) : 251-266.
- ابراهيم, ناصر (2016). تقدير إنتاجية المحاصيل الشتوية من الصور الفضائية في محافظة السويداء موسم 2015. تقرير علمي. وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي بالتعاون مع الهيئة العامة للاستشعار عن بعد، دمشق، سوريا. 84 صفحة.
- ابراهيم, ناصر (2018). النمذجة الطيفية لتأثير الاجهادات المرحلية على الإنتاجية المحصولية، تقرير علمي. الهيئة العامة للاستشعار عن بعد، 1044 صفحة.
- عبد العزيز، محمد (2007). النباتات الطبية والعطرية. مديرية الكتب والمطبوعات، منشورات جامعة تشرين، كلية الزراعة، اللاذقية، سوريا، ص 225.
- Abd-ElGawad A. A.; A. S. Edris; H. K., Zaki; and N. T. Ibrahem (2004a). Estimation of soybean yield and vegetation amount from canopy reflectance measurements. Arab Univ. J. Agric. Sci. Cairo. 12(1): 221-240.
- Abd-ElGawad A. A.; A. S. Edris; H. K. Zaki; and N. T. Ibrahem (2004b). Spectral reflectance of sunflower plants in relation to yield and some canopy characteristics. Arab Univ. J. Agric. Sci. Cairo. 12(1): 241-258.
- Ajayia S.; S. K. Reddyb; P. H. Gowdac; Q. Xueb; J. C. Ruddb; G. Pradhanda; S. Liub; B. A. Stewarte; C. Biradarf; and K. E. Jessupb (2016). Spectral Reflectance Models for Characterizing Winter Wheat Genotypes. Journal of Crop Improvement. 30(2): 176–195.
- El-Lethy S. R.; A. S. Ayad; and F. Reda (2011). Effect of riboflavin; ascorbic acid and dry yeast on vegetative growth, essential oil pattern and antioxidant activity of geranium (Pelargonium graveolens L.). Environmental Sciences. 10(5): 781-786.
- Fridgen L.; and J. Varco (2004). Dependency cotton leaf nitrogen, chlorophyll, and reflectance on nitrogen and potassium availability. Agron. J. 96: 63-69.
- Graeff S.; and W. Claupein (2007). Identification and discrimination of water stress in wheat leaves (Triticum aestivum L.) by means of reflectance measurements. Irrigation Science. 26: 61-70.
- Jensen J. R. (2007). Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective. 2nd ed. Pearson Education. Upper Saddle River. NJ.
- Kurtzman C.P.; .W. Fell (2005). Biodiversity and Ecophysiology of Yeasts (In: The Yeast Handbook; N Gabor P; de la Rosa CL, eds) Berlin. Springer. 11-30.
- Li H.; R. J. Lascano; R. M. Barnes; J. Booker; L. T. Wilson; K. F. Bronson; and E. Segarra (2001). Multispectral reflectance of cotton related to plant growth, Soil Water and Texture, and Site Elevation. Agron. J. 93, 1327-1337.

- Lobos G. A.; I. Matus; A. Rodriguez; S. Romero-Bravo; J. Araus; and A del Pozo (2014). Wheat genotypic variability in grain yield and carbon isotope discrimination under Mediterranean conditions assessed by spectral reflectance. *Journal of Integrative Plant Biology*. 56(5): 470–479.
- Ma B. L.; L. M. Dwyer; C. Costa; E. L. Cober; and M. J. Morrison (2001). Early prediction of soybean yield from canopy reflectance measurements. *Agron. J.* 93: 1227-1234
- Mekki B. B.; and A.G. Ahmed (2005). Growth, yield and seed quality of soybean (*Glycine max L.*) as affected by organic, biofertilizer and yeast application. *Res. J. of Agric. And Bio.Sci.*1(4): 320-324.
- Raun W. R.; J. B. Solie; G. V. Johnson; M. L. Stone; E. V. Lukina; W. E. Thomason; and J. S. Schepers (2001). In-season prediction of potential grain yield in winter wheat using canopy reflectance. *Agronomy Journal*. 93(1): 131-138.
- Sharaf-Eldin M. A.; A. Y. Ibrahim; and H. M. Korkar (2008). Effect of Gibberellic Acid and Dry Yeast on Growth, yield, and Essential Oil of Lemon Balm (*Melissa officinalis L.*). *Medici. and Aromatic plant Sci. and Bio. Global Sci. Books.*2(2): 105-109.
- Steele M.; A. Gitelson; and D.C. Rundquist (2008). Nondestructive Estimation of Leaf Chlorophyll Content in Grapes. *Am. J. Enol. Vitic.* 59(3): 299-305.
- Thenkabail P. S.; E. A. Enclona; M.S. Ashton; and B. V. D. Meer (2004). Accuracy assessments of hyperspectral waveband performance for vegetation analysis applications. *Remote Sensing Environment*. 91(3-4) :354–376.
- Tian Y. I.; T. Kanade; and J. F. Cohn (2001). Recognizing action units for facial expression analysis. *IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence*, 23(2): 97-115.
- Xie Y.; C. Wang; W. Yang; M. Feng; X. Qiao; and J. Song. (2020). Canopy hyperspectral characteristics and yield estimation of winter wheat (*Triticum aestivum*) under low temperature injury. *Scientific Reports*. 10:244.

Yield Estimation of Coriander (*Coriandrum sativum*) Treated with Yeast Using Remote Sensing

Nasser Ibrahim.^{(1) (2)*}, Mohamud Abd-Alaziz⁽³⁾ and Yahua Mohamad⁽³⁾

(1) General Organization of Remote Sensing, Damascus, Syria.

(2) ACSAD.

(3) Department of Field Crops, Faculty of Agriculture, Tishreen University, Lattakia, Syria.

(*Corresponding author: Dr. Nasser Ibrahim E-Mail: nibrahem345@gmail.com)

Received: 4/07/2020

Accepted: 17/08/2020

Abstract

This research is based on the use of remote sensing through spectroradiometric devices in studying the spectral signature (within the wavelength range 350-2500 nanometers at every 1 nm) of the coriander plants that treated with different concentrations of bread yeast (0, 2, 4 and 6%) during three sprinkle times (42, 56 and 71 day

from planting of season 2019) in Al-Safsafah region of Tartous. Then the productivity was estimated at any growth stage depending on spectral mathematical models derived from the spectral reflectance values that recorded during the growth stages. The spectral models were tested among them for the yield estimate. The results showed that the spectral reflectance values of the plants sprayed with yeast at the concentration of 6% were the highest in the near and far infrared range (700-1300 nm) and in the green range (475 -510 nm), while reflectance in the red range (670 nm) is the lowest. Then, the spectral reflectance values of the plants treated with the lower concentrations decreased from 4% to 2% and then the control in the near and far infrared ranges and the visible green, while the reflectance in the red range increased starting from the control to the highest spray concentration (6%). The increment in the number of spray had maintained the curve of spectral reflectance values that recorded within each concentration for longer period, but with the low reflectance rate within each spectral range, with the age of the crop. So, the increase of the number of times during growth stages led to vigor extension of plant tissues and therefor more yield. The spectral models of one or/and multi-stages had been developed and tested for yield prediction. The best model was the spectral difference index (NR) model depending on multi-stages values of (NR) associated with 42, 56 and 71 days after sowing. The spectral mathematical modeling process of multivariate stages showed the changes resulting from the interaction of the agricultural conditions with the climate factors experienced by the plant during the growth stages on the productivity, so the results suggested to use the spectral multi-stages data of remote sensing in yield predicting models.

Keywords: Spectral modeling, Spectral difference index, Bread yeast, Coriander, Productivity.